

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-068964

(43)Date of publication of application : 16.03.2001

(51)Int.Cl.

H03H 9/25  
H03H 3/08  
H03H 9/145

(21)Application number : 11-244524

(71)Applicant : PIONEER ELECTRONIC CORP

(22)Date of filing : 31.08.1999

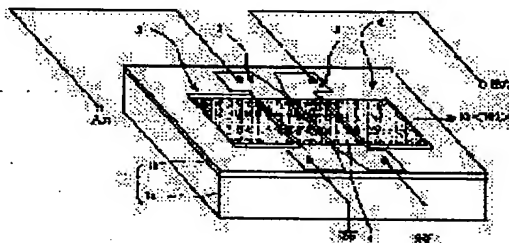
(72)Inventor : YOSHIDA AYAKO  
ONOE ATSUSHI  
CHIKUMA KIYOBUMI

## (54) SURFACE ACOUSTIC WAVE ELEMENT AND PRODUCTION THEREOF

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a surface acoustic wave element low in power consumption, low in loss and excellent in wide band characteristics at a low cost by forming the surface of a crystal substrate into specified mirror surface and providing an electrode means with electrode fingers arranged side by side so as to propagate surface elasticity along the direction of a crystal axis.

**SOLUTION:** The surface of the crystal substrate, on which a piezoelectric crystal thin film 1b is formed, has a mirror surface inclined from a surface 001 at an offset angle  $\epsilon$  and the electrode means has electrode fingers 4 arranged side by side so as to propagate the surface elasticity along the direction of one crystal axis of the piezoelectric crystal thin film 1b. The surface of an SrTiO<sub>3</sub>(STO) crystal substrate 1a of a titanate oxide containing strontium Sr to form a piezoelectric crystal thin film 1b of KNbO<sub>3</sub>(KN) is a mirror surface inclined from the (001) plane at the offset angle  $\epsilon$ . The input and output interdigital transducers of combline electrodes in the electrode means are formed so as to propagate surface acoustic waves along a crystal axis on the piezoelectric crystal thin film 1b, namely, on the (010) plane of KN, preferably, along with the crystal axis large in electromechanical coupling coefficient.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

23.05.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-68964  
(P2001-68964A)

(43) 公開日 平成13年3月16日 (2001.3.16)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 3 H	9/25	H 0 3 H	C 5 J 0 9 7
	3/08		
	9/145		Z

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平11-244524

(22) 出願日 平成11年8月31日 (1999.8.31)

(71) 出願人 000005016

バイオニア株式会社

東京都目黒区目黒1丁目4番1号

(72) 発明者 吉田 綾子

埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号 バ

イオニア株式会社総合研究所内

(72) 発明者 尾上 篤

埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号 バ

イオニア株式会社総合研究所内

(74) 代理人 100079119

弁理士 藤村 元彦

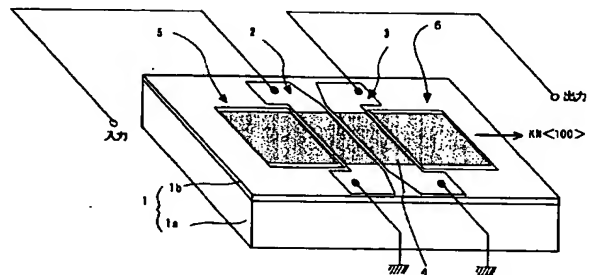
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表面弾性波素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 表面弾性波素子に適した方位のKNなどのペロブスカイト型構造の圧電結晶薄膜を備えた表面弾性波素子及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 ペロブスカイト型構造又はスピネル型構造又は岩塩型構造の結晶基板と、結晶基板上に化学気相成長により成膜されたペロブスカイト型構造の圧電結晶薄膜と、圧電結晶薄膜上に表面弾性波を発生させる電極手段と、からなる表面弾性波素子であって、圧電結晶薄膜が成膜された結晶基板の表面は、(001)面からオフセット角度 $\theta$ で傾斜した鏡面であり、電極手段は表面弾性波が圧電結晶薄膜の結晶軸の1つの方向に沿って伝播するように並設した電極指を有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ペロブスカイト型構造又はスピネル型構造又は岩塩型構造の結晶基板と、前記結晶基板上に化学気相成長により成膜されたペロブスカイト型構造の圧電結晶薄膜と、前記圧電結晶薄膜上に表面弾性波を発生させる電極手段と、からなる表面弾性波素子であって、前記圧電結晶薄膜が成膜された前記結晶基板の表面は、

(001) 面からオフセット角度  $\theta$  で傾斜した鏡面であり、前記電極手段は表面弾性波が前記圧電結晶薄膜の結晶軸の 1 つの方向に沿って伝播するように並設した電極指を有することを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項 2】 前記圧電結晶薄膜が  $\text{KNbO}_3$  の結晶からなることを特徴とする請求項 1 記載の表面弾性波素子。

【請求項 3】 前記結晶基板が  $\text{SrTiO}_3$  の結晶からなることを特徴とする請求項 2 記載の表面弾性波素子。

【請求項 4】 前記オフセット角度  $\theta$  が  $-10^\circ < \theta < 10^\circ$  ( $\theta \neq 0^\circ$ ) であることを特徴とする請求項 3 記載の表面弾性波素子。

【請求項 5】 前記圧電結晶薄膜の結晶軸の面内成分の 1 つの方向が a 軸方向であることを特徴とする請求項 4 記載の表面弾性波素子。

【請求項 6】 前記結晶基板が  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  の結晶からなることを特徴とする請求項 1 記載の表面弾性波素子。

【請求項 7】 前記結晶基板が  $\text{MgO}$  の結晶からなることを特徴とする請求項 1 記載の表面弾性波素子。

【請求項 8】 ペロブスカイト型構造又はスピネル型構造又は岩塩型構造の結晶基板の (001) 面からオフセット角度  $\theta$  で傾斜する鏡面を形成する工程と、前記結晶基板の傾斜する鏡面上にペロブスカイト型構造の圧電結晶薄膜を化学気相成長する工程と、表面弾性波が前記圧電結晶薄膜の結晶軸の 1 つの方向に沿って伝播するように前記圧電結晶薄膜上に並設した電極指を有する電極手段を形成する工程と、を含むことを特徴とする表面弾性波素子の製造方法。

【請求項 9】 前記圧電結晶薄膜が  $\text{KNbO}_3$  の結晶からなることを特徴とする請求項 8 記載の表面弾性波素子の製造方法。

【請求項 10】 前記結晶基板が  $\text{SrTiO}_3$  の結晶からなることを特徴とする請求項 9 記載の表面弾性波素子の製造方法。

【請求項 11】 前記オフセット角度  $\theta$  が  $-10^\circ < \theta < 10^\circ$  ( $\theta \neq 0^\circ$ ) であることを特徴とする請求項 10 記載の表面弾性波素子の製造方法。

【請求項 12】 前記圧電結晶薄膜の結晶軸の面内成分の 1 つの方向が a 軸方向であることを特徴とする請求項 11 記載の表面弾性波素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、圧電基板の平坦表

面を進む表面弾性波を利用したフィルター、共振器、発振器などの表面弾性波素子いわゆる SAW デバイス及びその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 表面弾性波いわゆる SAW (Surface Acoustic Wave) は波のエネルギーが媒体 (弾性体) の表面付近にのみ集中して伝播する弾性波である。したがって、波の発生、検出、制御を固体表面上で処理できるという手軽さと、弾性波の速度 (音速) が数 km/秒であることから、SAW を利用した機器を小型化できるという点で利便性があるため、近年、電子通信部品に広く応用されている。

【0003】 図 1 に高周波フィルタなどの電子通信部品に用いられる SAW デバイスの一例を示す。SAW を用いるためには、圧電基板 1 が必要であり、その上に形成された入力用の電極指 2 又は櫛状の電極対 2 で情報を担う電気信号を SAW に変換し、さらに出力用の櫛状電極対 3 で SAW から変換し電気信号として取り出す。各櫛状電極対は、その電極指 4 が交互に並設されるように、圧電基板 1 上に形成されている。電極指 4 の並設されている方向に SAW が伝播する。電気機械変換の効率を示す電気機械結合係数が大きい圧電基板ほど変換効率が向上するため、現在も電気機械結合係数の大きい圧電結晶材料が模索されている。圧電結晶材料からなる基板としては、リチウム Li、カリウム K、タンタル Ta、ニオブ Nb、酸素 O、リン P 及びチタン Ti などから構成される酸化物のペロブスカイト系材料の単結晶の  $\text{LiNbO}_3$  や  $\text{LiTaO}_3$  等が用いられている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 最近、 $\text{KNbO}_3$  (以下、KN ともいう) 単結晶が、 $\text{LiNbO}_3$  や  $\text{LiTaO}_3$  結晶等の 10 倍もの電気機械結合係数を有する結晶材料であることが発見された。しかしながら、KN のバルク結晶を安価かつ大量に生産することは困難であるため、KN を薄膜結晶化する検討が行われている。そこで、従来の成膜法である液相エピタキシ (LPE) 法やスパッタ法により KN 薄膜を得ることが考えられるが、LPE 法ではミクロンオーダーの薄膜の厚さを高精度に制御して成膜することは困難である。また、スパッタ法は膜厚制御性には優れているが、目的組成の KN 薄膜を得るためのターゲットの組み合わせが困難であると共に、成膜プロセス中に基板がダメージを受ける可能性があるという問題がある。

【0005】 このように従来の成膜法では、KN 膜の育成が難しく、かかる結晶を用いた表面弾性波素子は高価となる場合が多い。そこで、本発明の目的は、有機金属化学気相成長方法 (以下、MOCVD ともいう) などの薄膜結晶形成手段によって、結晶基板上に形成された強誘電体結晶の圧電結晶薄膜を有する表面弾性波素子を提供することにある。さらに、本発明は、表面弾性波素子

に適した方位のKNなどのペロブスカイト型構造の圧電結晶薄膜を備えた表面弾性波素子及びその製造方法を提供することを目的とする。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の表面弾性波素子は、ペロブスカイト型構造又はスピネル型構造又は岩塩型構造の結晶基板と、前記結晶基板上に化学気相成長により成膜されたペロブスカイト型構造の圧電結晶薄膜と、前記圧電結晶薄膜上に表面弾性波を発生させる電極手段と、からなる表面弾性波素子であって、前記圧電結晶薄膜が成膜された前記結晶基板の表面は、(001)面からオフセット角度 $\theta$ で傾斜した鏡面であり、前記電極手段は表面弾性波が前記圧電結晶薄膜の結晶軸の1つの方向に沿って伝播するように並設した電極指を有することを特徴とする。

【0007】上記本発明の表面弾性波素子においては、前記圧電結晶薄膜がKNbO<sub>3</sub>の結晶からなることを特徴とする。上記本発明の表面弾性波素子においては、前記結晶基板がSrTiO<sub>3</sub>の結晶からなることを特徴とする。上記本発明の表面弾性波素子においては、前記オフセット角度 $\theta$ が $-10^\circ < \theta < 10^\circ$  ( $\theta \neq 0^\circ$ )であることを特徴とする。

【0008】上記本発明の表面弾性波素子においては、前記圧電結晶薄膜の結晶軸の面内成分の1つの方向がa軸方向であることを特徴とする。上記本発明の表面弾性波素子においては、前記結晶基板がMgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>の結晶からなることを特徴とする。上記本発明の表面弾性波素子においては、前記結晶基板がMgOの結晶からなることを特徴とする。

【0009】本発明の表面弾性波素子の製造方法は、ペロブスカイト型構造又はスピネル型構造又は岩塩型構造の結晶基板の(001)面からオフセット角度 $\theta$ で傾斜する鏡面を形成する工程と、前記結晶基板の傾斜する鏡面上にペロブスカイト型構造の圧電結晶薄膜を化学気相成長する工程と、表面弾性波が前記圧電結晶薄膜の結晶軸の1つの方向に沿って伝播するように前記圧電結晶薄膜上に並設した電極指を有する電極手段を形成する工程と、を含むことを特徴とする。

【0010】上記本発明の表面弾性波素子の製造方法においては、前記圧電結晶薄膜がKNbO<sub>3</sub>の結晶からなることを特徴とする。上記本発明の表面弾性波素子の製造方法においては、前記結晶基板がSrTiO<sub>3</sub>の結晶からなることを特徴とする。上記本発明の表面弾性波素子の製造方法においては、前記オフセット角度 $\theta$ が $-10^\circ < \theta < 10^\circ$  ( $\theta \neq 0^\circ$ )であることを特徴とする。

【0011】上記本発明の表面弾性波素子の製造方法においては、前記圧電結晶薄膜の結晶軸の面内成分の1つの方向がa軸方向であることを特徴とする。上記本発明の表面弾性波素子及びその製造方法によれば、電気機械

結合係数の大きいKNbO<sub>3</sub>などのペロブスカイト型構造の圧電結晶薄膜を備えた表面弾性波素子を安価に製造できる。

#### 【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例を図面を参照しつつ説明する。図2に実施例の表面弾性波素子の一例を示す。このキャビティ形の表面弾性波共振子においては、図に示すように、例えばストロンチウムSrを含むチタン酸化物のSrTiO<sub>3</sub>（以下、STOともいう）の(001)基板にオフセットをつけたペロブスカイト型構造の結晶基板1aと、この結晶基板上に化学気相成長により成膜されたKNからなるペロブスカイト型構造の圧電結晶薄膜1bとからなる基板1のKN結晶薄膜1b上に対峙して配置された櫛状電極の一对の入力及び出力インターディジタル・トランスジューサー（以下IDTという）2及び3、並びに両IDT外側に配置された反射器5及び6が形成されている。入力電気信号は、入力IDT2により表面弾性波に変換され、反射器5及び6の間を往復することにより得られる共振は、出力IDT3を通して出力電気信号に変換され、接続された外部回路に導出される。

【0013】KNの圧電結晶薄膜1bが成膜されるSTO結晶基板1aの表面は、STO(001)面からオフセット角度 $\theta$ で傾斜した鏡面である。電極手段である櫛状電極IDTは、表面弾性波がKNの圧電結晶薄膜1bすなわちKNの(010)面上の結晶軸の1つの方向好ましくはその電気機械結合係数が大きい結晶軸に沿って伝播するように、形成される。すなわちIDTの電極指4がKNの結晶軸 $<100>$ 方向に沿って交互に並設されている。

【0014】例えば、本実施例では、IDT周期LTと反射器グレーティング周期LRを、同一LT=LR又は両者の比LT/LRを1より小さく設定し、反射器の反射係数 $|\Gamma|$ が最大となる周波数fRとIDTの放射コンダクタンスGaが最大となる周波数fTとを近づけ、IDTと反射器との間の表面弾性波の励振及び受信効率を増大させている。また、IDTと反射器の導電性材料としては、質量の軽いエッチング加工の容易なアルミニウムA1を用い、膜厚はエッチング精度を向上させ、膜厚増加による質量効果の影響（IDT及び反射器等でのバルク波変換、電極間多重反射）による反射器の共振ピークとセカンドピークとのレベル差、いわゆるスプリアスレスポンス（SR）及び共振尖鋭度Qの低下を避けるために1000Å以下に設定してある。

【0015】実施例では、図3に示すように、STO基板の(001)基板にオフセットをつけたものを利用し、量産性に優れるMOCVD法により、そのオフセット面上にKNの単結晶薄膜(010)面を成長させる。これにより、KN結晶をb軸配向させ、そのa軸を成長層表面内に配向するように、KN結晶を成長させること

ができる。KN結晶薄膜の結晶軸の面内成分の1つの方向がa軸方向となる。このときKN結晶のa軸方向は、オフセットSTO基板の法線方向とSTOの<001>方向とで作られる面と垂直方向である。オフセット角は、 $-10^\circ < \theta < 10^\circ$  ( $\theta \neq 0^\circ$ ) であり、好ましくは4度~7度又は-7度~-4度である。a軸方向に表面弾性波を伝播させることにより、KN結晶の表面弾性波素子に有利な電気機械結合係数の大きなく100>方位を利用することができる。得られるKN結晶の格子定数は、a軸、b軸及びc軸で、それぞれ $a = 5.6896$  オングストローム、 $b = 3.9296$  オングストローム及び $c = 5.7256$  オングストロームである。

【0016】MOCVDに限らず基板上に結晶膜をエピタキシャル成長させる場合、一般に基板と結晶膜との格子定数が、ある程度整合していないと、基板に配向した良好なエピタキシャル膜は得にくく、KNの場合でも、

(010)面成長を達成することは難しい。STO結晶は立方晶系であり、格子定数は $3.9051$  オングストロームである。従って、斜方晶系のKN結晶は、このSTO結晶上に成長させる場合、KNのa、c軸の格子定数と異なるため、例えば、STO基板の(110)面にKNを結晶成長してもKN結晶はa軸配向してKN(100)面しか得られない。また、STO基板の(001)面に上に良好なKN結晶の成長は困難である。

【0017】本実施例では、STOの(001)面を用いずに、STO(001)面からオフセットすなわち傾斜した格子面を用いること、図3に示すように、すなわち、(001)面から<110>方向に対してオフセット角度 $\theta$ で傾斜した鏡面上にKNを結晶成長させるのである。STO結晶の格子定数は、 $3.9051$  オングストロームであるから、STO結晶の<-110>方向の格子定数は $\sqrt{2}$ 倍の $5.52259$  オングストロームであり、KNのa軸の格子定数に近くなる。しかし、これだけではc軸の格子定数整合が取れないので、STO(001)面から<110>方向に対してオフセット角度 $\theta$ で傾斜させて、KNの格子定数のa軸に対するc軸の比率 $c$ 軸/a軸 $= 5.7256 / 5.6896 = 1.00632$ を合わせる。例えばオフセット角度 $\theta$ が1度、4度、5度、6度、7度及び10度に対して、STOの<-110>方向の格子定数 $5.52259$  オングストロームに対するオフセット角度 $\theta$ で得られる軸の比率 $5.52259 / (5.52259 / \cos \theta)$ の値を計算してみると、それぞれ $1.000015$ 、 $1.00244$ 、 $1.00381$ 、 $1.00550$ 、 $1.00750$ 及び $1.01542$ が得られる。これらの値は、KN結晶のc軸/a軸比率 $1.00632$ に近いものとなる。よって、STOの(001)面からのオフセット面上に、KNの(010)面が成長可能となる。ペロブスカイト型構造の温度や組成の変動による格子定数の変動を考慮すると、上記オフセット角度 $\theta$ が $-10^\circ < \theta < 10^\circ$  ( $\theta \neq 0^\circ$ ) であることが好ましい。

0° ( $\theta \neq 0^\circ$ ) であることが好ましい。

【0018】具体的に、STO(001)面からの5度オフセットした鏡面を有する基板上に、KN結晶膜を成長させた。すなわち、(001)面の5度オフセットした鏡面を主面とするSTO基板をMOCVD装置の反応室に装填し、これを設定温度まで昇温して反応室内部を設定気圧まで減圧し、出発原料として、ジピバロイルメタナトカリウム [ $K(C_{11}H_{19}O_2)$ ] (以下、K(DPM) という) と、ペンタエトキシニオブ [ $Nb(OC_2H_5)_5$ ] と、を装置の気化器のそれぞれに装填して、これら出発原料をそれぞれ設定温度に保つことにより昇華又は気化させ有機金属化合物ガスとし、これをそれぞれ流量制御されたArキャリアガスを用いて加熱されたSTO基板が配置された反応室へ導き、基板上に層流として流し、基板上にKNのエピタキシャル層を析出させた。また、出発原料からの各酸化物の生成には酸化反応をとまなうため、反応ガスに一定量の酸素を添加してもよい。このようにして、図4に示すような基板1を得た。

【0019】以上の実施例では、STO(001)をオフセット基板として用いた場合について述べたが、立方晶系である結晶例えば $[MgO(Al_2O_3)]$ などのスピネル構造の、或いはMgOなどの岩塩型構造の結晶の(001)面をオフセットさせた基板でも同様な構造のKN結晶薄膜を得ることができる。また、(001)からのオフセット面のSTO基板上に、まず、 $KTaO_3$ 又は $KTa_xNb_{1-x}O_3$  ( $0 < x < 1$ ) をパッファ層として形成し、この上にKNを形成することで、KN圧電結晶薄膜を形成できる。

【0020】

【発明の効果】本発明によれば、大きな電気機械結合定数を持つKNを、MOCVD法によりペロブスカイト型構造又はスピネル型構造又は岩塩型構造の結晶基板上に単結晶成長させた結晶薄膜を用いることで、すぐれた低電力、低損失、広帯域特性を持つデバイスを安価に作成することができる。またバルク結晶基板を用いた素子に比べ、量産性に優れ、小型化、集積化にも有利である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 表面弾性波素子の概略斜視図である。

【図2】 本発明による実施例の表面弾性波素子の概略斜視図である。

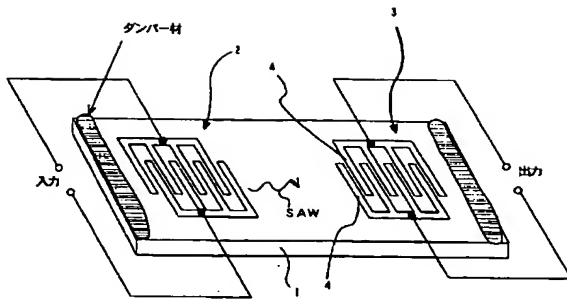
【図3】 本発明による実施例に用いられる結晶基板の概略斜視図である。

【図4】 本発明による実施例に用いられる結晶基板の概略斜視図である。

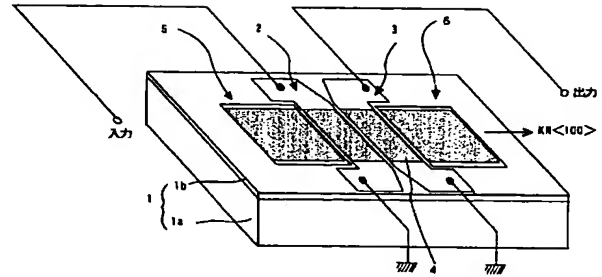
【符号の説明】

- 1 圧電基板
- 2、3 櫛状電極対、IDT
- 4 電極指
- 5、6 反射器

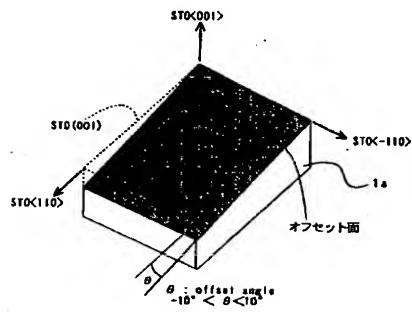
【図1】



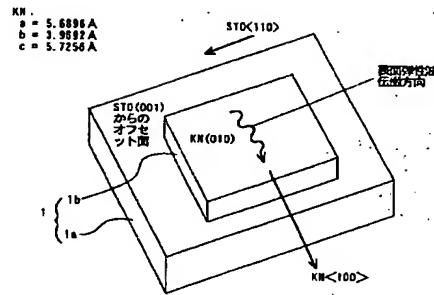
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 竹間 清文  
埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号 パ  
イオニア株式会社総合研究所内

Fターム(参考) 5J097 AA01 AA19 AA29 AA31 BB11  
DD01 DD25 EE01 EE07 FF02  
GG01 GG05 GG06 HA03